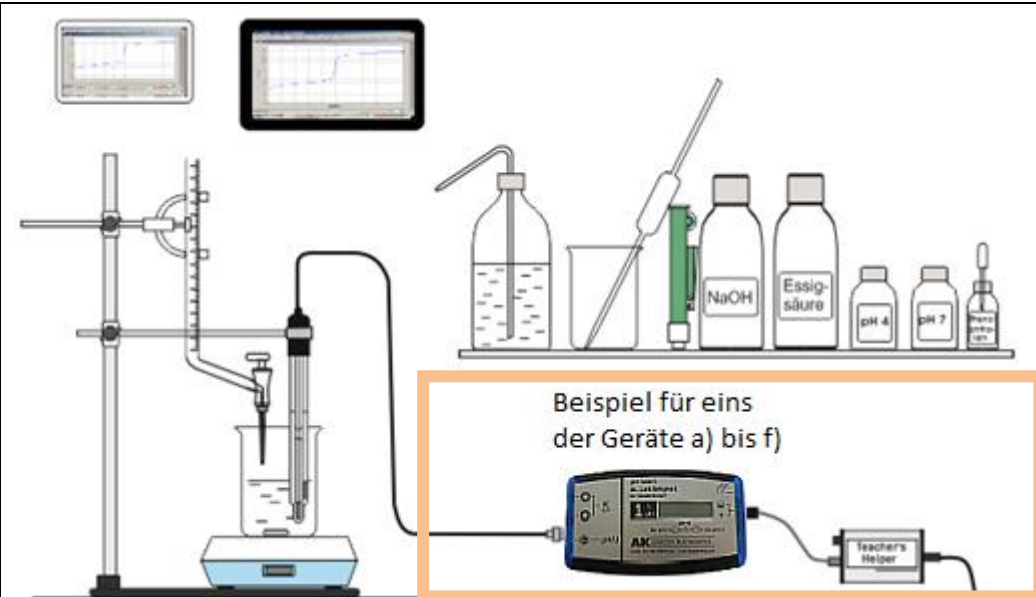




Prinzip

Essigsäure wird mit Natronlauge titriert. Durch Ermittlung des Äquivalenzpunktes lässt sich der Gehalt der Säure berechnen; durch Ermittlung des Halbäquivalenzpunktes der entsprechende pK_s -Wert.

Aufbau und Vorbereitung



Benötigte Geräte

- Eins der folgenden Geräte:
- a) ALL-CHEM-MISST II o. Junior -Netzteil
 - b) ACM I / USB-Adapter / Netzteil
 - c) AK MultiAdapter pH/L
 - d) Vernier Go!link + EA-BTA o. PH-BNC
 - e) Greisinger GMH 35XX / SS-Adapter)
 - f) LD Mobile Cassy+pH- o. Chemie-Modul
- zugehörige pH-Elektrode
 - Teacher's Helper (TH) / Netzteil
 - USB-Kabel
 - Tablet / Smartphone

- Spülbecherglas, 250 mL
- Pipette, 10 mL
- Pipettierhilfe
- Bürette, 25 mL
- Becherglas, 100 mL
- Stativ / 2 Muffen
- Bürettenklemme
- Elektrodenklemme
- Magnetrührer
- Rührfisch

Verwendete Chemikalien

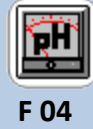
- Natronlauge ($c = 0,1 \text{ mol/L}$)
- Salzsäure ($c = 0,1 \text{ mol/L}$)
- Essigsäure ($c = 0,1 \text{ mol/L}$)
- Destilliertes Wasser
- Phenolphthalein-Lösung, $w = 0,5 \%$
- oder zum Kalibrieren
- Evtl. Pufferlösung, $pH = 4$
- Evtl. Pufferlösung, $pH = 7$









Vorbereitung des Versuchs

- ▶ **Geräte** entsprechend der Zeichnung (hier als Beispiel AK MultiAdapter pH/L dargestellt) aufbauen.
- ▶ **Messgeräte: nur pH-Elektrode anschließen - ansonsten alles bereit legen!!**
- ▶ **Bürette** mit **Natronlauge** spülen, füllen und auf Nullmarkierung stellen.
- ▶ **10 mL Essigsäure** (bzw. Analysenlösung) mit **Pipette** in **Becherglas** geben.
- ▶ **Rührfisch** dazugeben und das **Becherglas** auf **Magnetrührer** stellen.
- ▶ **pH-Elektrode** in halb mit **Leitungswasser** gefülltes **Spülbecherglas** stellen.



Vorbereitung an den Tablets/ Laptops (Clients)

- ▶ Am Tablet / Laptop / Smartphone Einstellungen oder mit **WLAN** eine Verbindung herstellen: **ak.net** anwählen und warten bis die Verbindung eingebucht ist.
- ▶ Browser z.B. **Firefox/Safari** aufrufen, in die Adresszeile (URL-Zeile) - nicht in der (Google-Suchzeile!!) **http://labor.ak** eingeben. Es erscheinen 3 Bildschirme ...
- ▶ Anschluss und Einschalten der Messgeräte: Den Teacher's Helper (TH) mit Strom versorgen!
- a) ACM II oder ACM II Junior mit Netzteil verbinden, dann **nach 7 s!!** über USB mit TH verbinden
- b) ALL-CHEM-MISST I mit Netzteil und über USB-A. mit TH verbinden. Linker Drehschalter in Stellung „pH“.
- c) AK MultiAdapter pH/L bzw. d) Vernier Go!Link mit Messmodul und über USB mit TH verbinden
- e) Greisinger GMH 35XXX über USB-Schnittstellenkonverter mit TH verbinden und mit „ON“ anschalten. Ein pH-Wert muss zu sehen sein! Evtl. Fehler vorher beheben!
- f) LD Mobile Cassy per USB mit Messmodul und TH verbinden und mit „Menü“ anschalten oder Netzteil anschließen. Ein pH-Wert muss zu sehen sein – sonst mit den Tasten „pH“ einstellen.



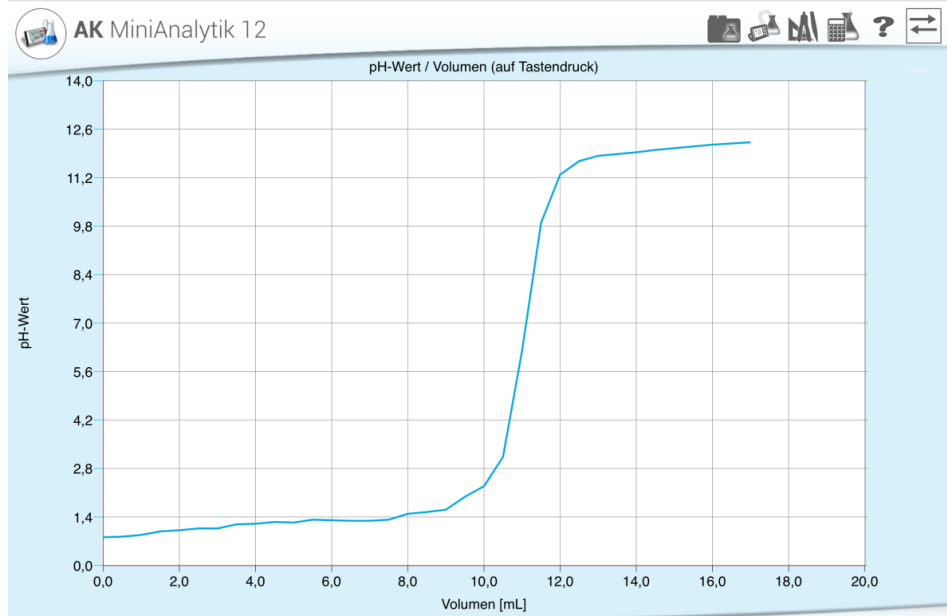
- ▶ **AK MiniAnalytik** wählen. Im erscheinenden Bild können die Menüicons neben- oder (bei kleinen Bildschirmen) untereinander angeordnet sein.
- ▶ Icon 'Messen'  (2. von links) und **Mit Messgerät verbinden (Gerätename)** antippen darunter steht der Name des entsprechenden Messgerätes:
Bitte auswählen:
- ▶ **Messgrößen-Auswahl:** **pH-Wert (pH)** 
- ▶ **Konfiguration-Methode** y-Achse **pH Min**  **pH** und **Max**  **pH**
Nachkomma  und Linie **ja**
- ▶ **x-Achse: Volumen (auf Tastendruck)**
- ▶ x-Achse Vol. Intervall  **mL** und Vol. Max  **mL**
Nachkomma 

Kalibrieren mit dem Programm


- ▶ **pH-Kalibrieren** antippen und bei 2-Punkt-Kalibrierung **Kalibrieren**
Oben rechts steht der aktuelle pH- Wert.
- ▶ Elektrode spülen, -> in **Salzsäure (c=0,1mol/L)** stellen, pH-Wert  eingeben,
nach Messwertberuhigung **Übernehmen** tippen.
- ▶ Elektrode spülen, -> in **Natronlauge (c=0,1mol/L)** stellen, pH-Wert  eingeben,
nach Messwertberuhigung **Übernehmen** tippen.
- ▶ Umrechnung starten mit **Kalibrieren** und Erfolg bestätigen mit **OK**
Mit weiterem **OK** wird der Messbildschirm aufgebaut und Werte werden angezeigt.

Durchführung


- ▶ pH-Elektrode am Stativ befestigen. Der Rührfisch darf beim Drehen die Elektrode nicht berühren.
- ▶ Zur **Messwertaufnahme** bei **0,0 mL** **Messwert Aufzeichnen** drücken.
- ▶ Die Titratorflüssigkeit kontinuierlich (mit recht kleiner Geschwindigkeit!) aus der Bürette auslaufen lassen und nach **jeweils 0,5 mL** einen **Messwert** mit **Messwert Aufzeichnen** speichern.
- ▶ Zum Beenden **Messung beenden**

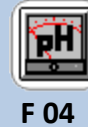


Speichern

- ▶ Icon oben links  und **Speichern unter** wählen.
- ▶ Unter ‚Projekt Speichern‘ Projektnamen eingeben (hier: Beispiel)  und **OK**

Excel-Export

- ▶ Icon oben links  und **Datenreihen exportieren** wählen.
- ▶ Unter ‚Datenreihen Speichern‘ Projekt **F04 User** auswählen und **Speichern**
- ▶ Je nach Gerät mit ‚Speichern unter‘ noch Pfad aussuchen und bestätigen.



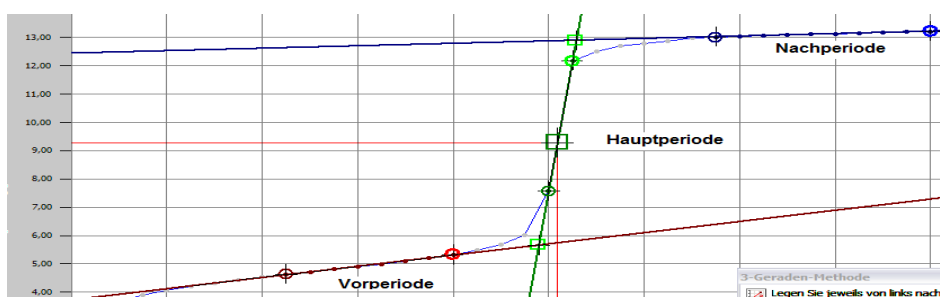
Öffnen
bei
Bedarf
(zu Hause)

- ▶ Ist der Teacher's Helper nicht mehr zu erreichen: Browser z.B. **Firefox/Safari** aufrufen, in die Adresszeile (URL-Zeile) - nicht in der (Google-Suchzeile!!) **http://labor.ak** eingeben. -
- ▶ Evtl. Minianalytik wählen. Besteht keine Verbindung zum Teacher's Helper, geschieht dies automatisch.
- ▶ **AK MiniAnalytik** aufrufen.
- ▶ Icon oben links und **Laden** "Projekt Laden" **F04 User** direkt auswählen und →anklicken.

Auswertung des Versuches 1. Gehaltsbestimmung

a) Bestimmung des Volumens im Äquivalenzpunkt

Die Ermittlung erfolgt nach der sogenannten „Drei-Geraden-Methode“: Die Messwerte in und um den Äquivalenzpunkt werden in 3 „Zonen“ eingeteilt. 1. „Vorperiode“, 2. „Hauptperiode“ und 3. „Nachperiode“. Durch diese Bereiche werden vom Computer nacheinander einzelne Ausgleichsgeraden gelegt. Der Mittelwert der x-Werte der beiden Schnittpunkte der drei Geraden ist das Volumen im Äquivalenzpunkt. (Die Schüler können die Ausgleichsgeraden mit dem Geo-Dreieck einzeichnen).



Auswertung

Theorie

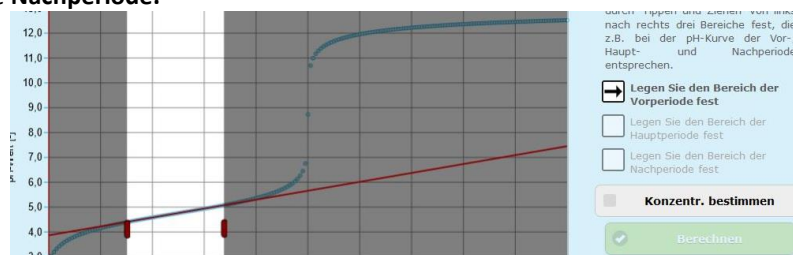
b) Berechnung des Gehaltes (Bedeutung der Indizes: v = vorgelegt – z = zugegeben bis zum Äquivalenzpunkt)

Bei Äquivalenz gilt: $n_v(\text{HAc}) = n_z(\text{NaOH}) \Rightarrow c_v(\text{HAc}) \cdot V_v(\text{HAc}) = c_z(\text{NaOH}) \cdot V_z(\text{NaOH})$

$$\Rightarrow c_v(\text{HAc}) = \frac{c_z(\text{NaOH}) \cdot V_z(\text{NaOH})}{V_v(\text{HAc})}$$

Bestimmung an den Tablets / Computern (Clients)

- ▶ Icon 'Auswerten' (3. von links) **Drei-Geraden-Methode**
- ▶ Folgen Sie den Anweisungen (Legen Sie die Bereiche der drei Ausgleichsgeraden von links nach rechts durch Tippen, **gedrückt halten**, ziehen und loslassen fest) **1.** für die **Vorperiode** **2.** für die **Hauptperiode** **und 3.** für die **Nachperiode**.



- ▶ **Konzentr. bestimmen**
- ▶ Dann auf **Berechnen** tippen.
- ▶ Evtl. die Position des Ergebniskästchens ändern.

Auswertung des Versuches 2. pK_S-Wert-Bestimmung (pH-Wert im Halbäquivalenzpunkt)

Die **Puffergleichung** für die schwache Säure HAc lautet: $\text{pH} = \text{pK}_S - \log \frac{c(\text{HAc})}{c(\text{Ac}^-)}$

Bei der Titration wird die schwache Säure HAc durch die starke Base OH⁻ in die schwache Base Ac⁻ überführt. In einem Punkt sind die **Konzentrationen von HAc bzw. Ac⁻ gleich** und die Gleichung vereinfacht sich, da (log(1)=0) ist, zu:

$$\text{pH} = \text{pK}_S$$

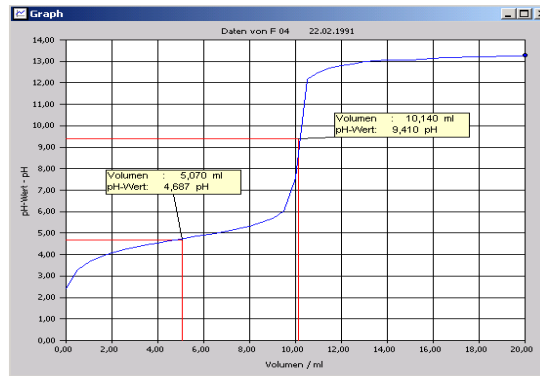
Dies ist genau dann der Fall, wenn die **Hälfte der vorgelegten Säure umgesetzt** ist (Halbäquivalenz). Das zugetropfte Volumen im HÄP ist **genau halb so groß wie das im Äquivalenzpunkt**.



Bestimmung an den Tablets / Computern (Clients)

- ▶ Icon 'Auswerten' 3. von links **Halbäquivalenzpunkt**
- ▶ In den Graphen in x-Richtung irgendwo in der Mitte zwischen dem "Null"- und dem Äquivalenzpunkt tippen. Das Programm gibt direkt den Halbäquivalenzpunkt aus.
- ▶ Evtl. die Position des Ergebniskästchens ändern.

Auswertung



Nebenstehend der Graph der komplett ausgewerteten Messreihe

1. Einblenden verschiedener Indikatoren

Icon 'Auswerten' (3. von links **pH-Indikatoren**)

Wählen Sie z.B.

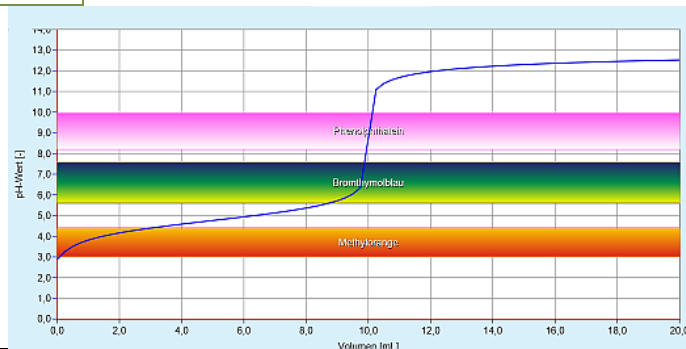
Methylorange

und

Bromthymolblau aus, um zu zeigen, dass diese Indikatoren für diese Titration ungeeignet sind.

- ▶ Ein geeigneter Indikator ist:

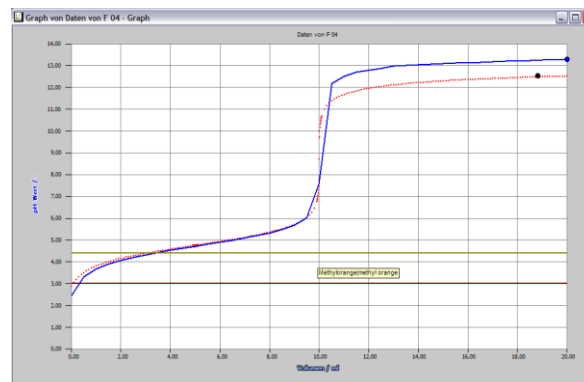
Phenolphthalein



Zusatzauswertung

2. Vergleich der gemessenen mit einer theoretisch ermittelten Kurve

- ▶ Icon 'Simulieren' (4. von links **pH-Indikatoren**)
- ▶ **pH-Kurve** Vorlage: **Säure**
- ▶ Vorlage: **Essigsäure** Konzentration: **0,101** (mol/L): (hier ermittelte Konzentration einsetzen!)
Volumen: **10** (mL)
- ▶ Titrierm.: **Natronlauge** Konzentration: **0,1** (mol/L)
Volumen Anfang (mL): **0** Ende(mL): **20 ml**



Beachten:



Entsorgung

Ausguss (nach evtl. Neutralisation)

Literatur

F. Kappenberg; Computer im Chemieunterricht 1988, Verlag Dr. Flad, Stuttgart